

УДК 621.321

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРВ ГЕНЕРАТОРА НА СТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

Филипченко В.С., Бертош Е.Э.

Научный руководитель — к.т.н., доцент Старжинский А.Л.

Статической устойчивостью принято называть способность системы самостоятельно восстанавливать исходный установившийся режим при малых возмущениях или режим близкий к исходному, если возмущение не снято. Для надежного существования режима он должен иметь определенный запас статической устойчивости. Запас статической устойчивости генератора зависит от наличия и вида автоматического регулятора возбуждения.

В данной работе в пакете MATLAB/Simulink смоделирована имитационная модель энергосистемы, выполнена параметризация ее элементов с учетом особенностей схем замещения и их реализации в программе, после чего проведено моделирование и сравнение угловых характеристик активной мощности генератора в случаях отсутствия АРВ, наличия АРВ ПД и АРВ СД. Этапы выполнения работы и результаты представлены ниже.

Принципиальная схема замещения имеет следующий вид:



Рисунок 1. Принципиальная схема замещения.

В качестве элементов ЭЭС были выбраны генератор ТГВ-300-2У3, трансформаторы ТДЦ 400000/330-У1, ЛЭП АС 2*240/32. Параметры вышеуказанных элементов представлены ниже:

Таблица 1 — Параметры синхронного генератора «СГ»

Параметр	Значение
Номинальная полная мощность «Pn(VA)»	353 МВА
Номинальное напряжение «Vn(Vrms)»	20 кВ
Частота «fn(Hz)»	50 Гц
Постоянная инерции «H(sec)»	7
Коэффициент демпфирования «Kd(pu_T/pu_W)»	10
Число пар полюсов «р»	1
Активное сопротивление «R(pu)»	0,00128
Индуктивное сопротивление «X(pu)»	2,195

Таблица 2 — Параметры силовых трансформаторов «Т1» и «Т2»

Параметр	Значение	
	«Т1»	«Т2»
Номинальная полная мощность, «Pn(VA)»	400 МВА	400 МВА
Частота, «fn(Hz)»	50 Гц	50 Гц
Параметры стороны ВН		
Схема соединения обмоток	Δ	Δ
Номинальное напряжение, «V2 Ph-Ph(Vrms)»	347 кВ	347 кВ
Активное сопротивление, «R2(pu)»	0,00099	0,00099
Индуктивность, «L2(pu)»	0,058	0,058
Параметры стороны НН		
Схема соединения обмоток	Yg	Yg
Номинальное напряжение, «V1 Ph-Ph(Vrms)»	20 кВ	110 кВ
Активное сопротивление, «R1(pu)»	0,00099	0,00099
Индуктивность, «L1(pu)»	0,058	0,058
Параметры цепи намагничивания		
Активное сопротивление, «Rm(pu)»	1333,33	1333,33
Индуктивность, «Lm(pu)»	222,22	222,22

Таблица 3 — Параметры линий «Л1» и «Л2»

Частота, fn(Hz)	50 Гц
Активное сопротивление, R1(Ohms/km)	0,06 Ом/км
Индуктивность, L1(H/km)	$1,054 \cdot 10^{-3}$ Гн/км
Емкость, C1(F/km)	$10,76 \cdot 10^{-9}$ Ф/км
Длина линии, (km)	150 км

Таблица 4 — Параметры системы «С»

Линейное напряжение, (Vrms)	110 кВ
Начальный сдвиг фазы «А», (degrees)	0 град.эл.
Частота, fn(Hz)	50 Гц
Режим нейтрали	Yg
Мощность трехфазного короткого замыкания, (VA)	10^{13} В·А
Базисное напряжение, (Vrms Ph-Ph)	110 кВ
Отношение X/R	7

Собранная имитационная модель ЭЭС:

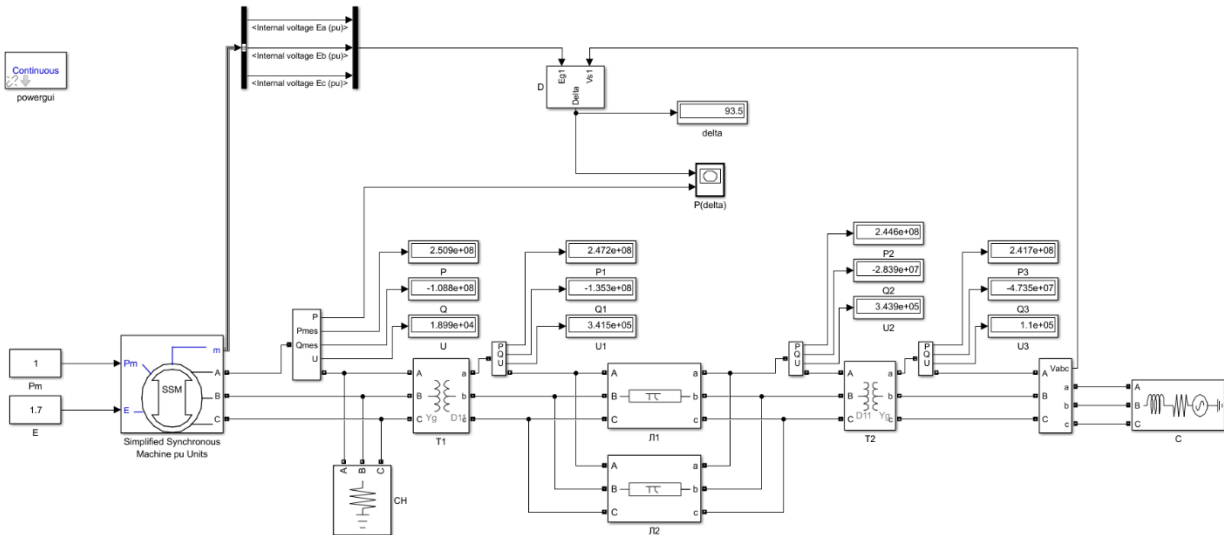


Рисунок 2. Блок-схема собранной математической модели.

Измерение угла δ осуществлялось блоком D, логическая схема которого представлена на рис. 3.

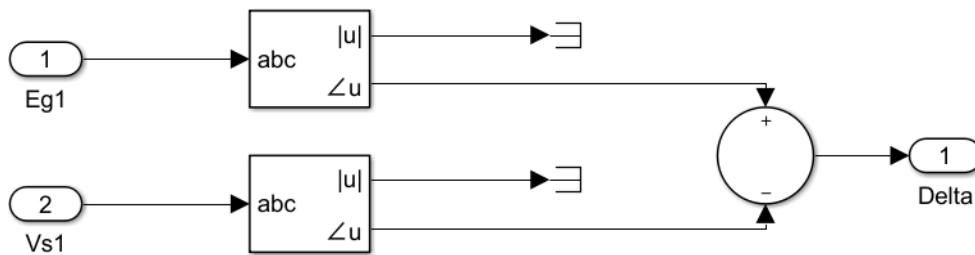


Рисунок 3. Блок измерителя угла δ цепи передачи

Для реализации необходимого типа возбуждения синхронный генератор представлялся соответствующими параметрами ЭДС или напряжения и индуктивного сопротивления.

При отсутствии АРВ генератор представляется синхронным индуктивным сопротивлением x_d и неизменной ЭДС E_q .

При наличии АРВ ПД генератор представляется переходным индуктивным сопротивлением x'_d и переходным ЭДС E' .

При наличии АРВ СД сопротивление генератора отсутствует. При этом ЭДС генератора должно быть достаточным для поддержания номинального напряжения на шинах генератора U_T .

В результате симулирования были получены зависимости активной мощности от угла δ , и построены графики этих зависимостей (Рис. 4). Для удобства сравнения графики показаны на одной координатной плоскости. На рисунке 4, помимо графиков зависимости активной мощности от угла δ , обозначена механическая мощность генератора P_0 .

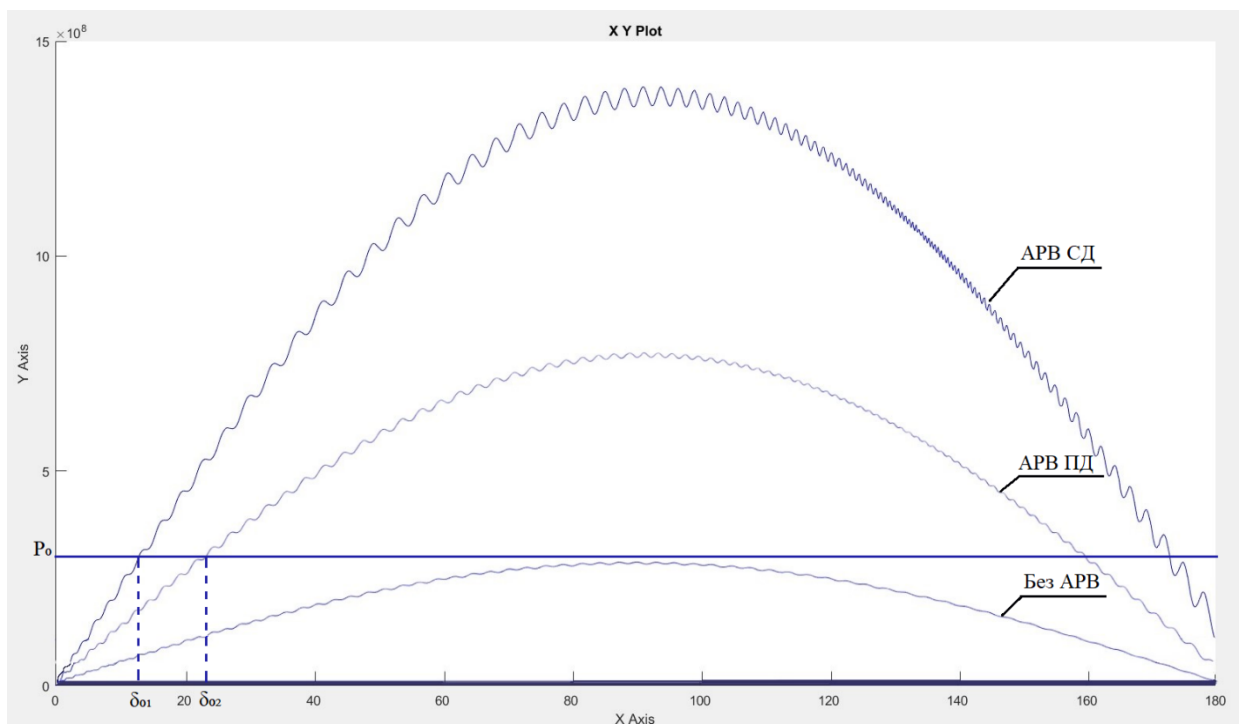


Рисунок 4 — Графики зависимостей активной мощности от угла δ

Далее графическим путем для каждой зависимости определены значения «идеального предела мощности» P_M и угла δ_0 , при котором наступает установившийся режим. По полученным данным были посчитаны коэффициенты запаса статической устойчивости.

$$K_P = \frac{P_M - P_0}{P_0}$$

Полученные результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Значения δ_0 и K_P

	P_0 , МВт	P_M , МВт	δ_0 , °	K_P
Без АРВ	300	255	-	-
АРВ ПД		786	22,97	1,62
АРВ СД		1393	12,92	6,34

Таким образом, с помощью MATLAB/Simulink доказано, что применение АРВ различных типов ведет к возрастанию «идеального предела мощности». Так, в данном случае, при отсутствии АРВ работа генератора на полную мощность невозможна, так как $P_M < P_0$, а применение АРВ значительно увеличивает запас статической устойчивости.

Литература

- 1 Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.
- 2 Зарудная А.П. Особенности применения пакета MATLAB/Simulink для анализа статической устойчивости синхронных генераторов в энергосистеме / А.П. Зарудная, К.Е. Горшков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 43–54.